

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma

Tutkintotyö

Kerkko Jalava

**KANTOJEN KORJUUN KUSTANNUSTEN SELVITTÄMINEN
METSÄNHOITOYHDISTYS METSOLLE**

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2007

Lehtori Timo Parkkinen
Metsänhoitoyhdistys Metso

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalous

Jalava Kerkko

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Toukokuu 2007

Hakusanat

Kantojen korjuun kustannusten selvittäminen Metsänhoitoyhdistys
Metsolle

37 sivua

Lehtori Timo Parkkinen

Metsänhoitoyhdistys Metso

metsähake, kannonnosto, kantojen korjuu

TIIVISTELMÄ

Metsähakkeen käyttö energiantuotannossa on kasvanut Suomessa merkittävästi. Kuusikoiden uudistushakkuiden yhteydessä voidaan energiakäyttöön kerätä hakkuutähteitä sekä kantoja. Kannonnosto onkin yleistynyt merkittävästi osana kuusikoiden uudistamisketjua.

Tässä työssä on selvitetty metsänhoitoyhdistys Metson toteuttaman kannonnoston kustannuksia suhteessa kannoista saatavaan energiamäärään ja polttoaineen arvoon. Kannonnoston ja metsäkuljetuksen kustannustason ja tuottavuuden sekä korjuun vaikutusten arvioiminen erilaisilla uudistuskohteilla on tärkeää suunniteltaessa metsänuudistamista, jonka yhteydessä tehdään energiapuun korjuuta.

Työssä tarkasteltiin kahdeksaa kannonostokohdetta. Tuloksina on esitelty kohteittain nostotyölle sekä metsäkuljetukselle muodostuneet kustannukset megawattitunnin verran energiaa sisältävää kantopuumäärää kohden. Lisäksi tuloksina on esitelty metsäkuljetuksen tuottavuudet kohteittain. Lisäksi työssä on selvitetty aiempien tutkimusten ja selvitysten perusteella kantojen korjuun muita vaikutuksia metsänuudistamisessa ja -kasvatuksessa.

TAMPERE POLYTECHNIC

Forestry

Jalava Kerkko

Clarification of costs in stump pulling for energy to Metso
association of forest owners

Engineering thesis

37 pages

Thesis Supervisor

Timo Parkkinen

Commissioning Company Metsänhoitoyhdistys Metso

May 2007

Key words

forest converted chips, stump pulling

ABSTRACT

The use of forest converted chips for energy production has been increasing significantly in Finland. It is possible to harvest the felling waste and the stumps from the regeneration felling areas of spruce. The popularity of stump pulling has become common part of artificial regeneration.

The aim of this study was to find out the costs of stump harvesting with the excavator and forwarder compared with the benefit of the energy that the stumps include. This clarification was made for the Metso association of forest owners. Knowledge for calculating the costs and estimating the effects of stump harvesting in different kind of regeneration areas is important when planning the regeneration methods.

The objects of this study were eight regeneration areas where the stump pulling was done. The results of this study represent the costs of stump harvesting and productivity of the forest transportation. In addition of costs in stump harvesting this study clarifies the effects of stump pulling to the forest regeneration and forest management shown in other studies.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO	4
1 JOHDANTO	5
1.1 Yleistä metsähakkeen käytöstä polttoaineena	5
1.2 Kannot energiapuuna	5
1.3 Toimintaympäristö	6
1.4 Kantopotentiaali	7
2 AINEISTO JA MENETELMÄT	10
2.1 Kohdevalinta	10
2.2 Logistinen ketju	11
2.3 Hankintaketjun kustannukset	11
2.4 Nostotyön ja metsäkuljetuksen tarkastelu	12
2.5 Kohteet	15
2.6 Kohteilta saatava kantopuun määrä	16
2.7 Kohteiden toteutuneet urakointikustannukset	17
2.8 Kantojen korjuu metsänomistajan kannalta	17
3 TULOKSET	23
3.1 Nostotyön kustannukset	23
3.2 Metsäkuljetuksen kustannukset ja tuottavuudet	24
3.3 Nostotyön ja metsäkuljetuksen kustannukset yhteensä	25
3.4 Tienvarsivarastot	26
4 TULOSTEN TARKASTELU	27
4.1 Kantojen korjuun kustannustaso	27
4.2 Energialaitoksen maksaman kantopuun hintatason vaikutus kannonnoston yhteydessä tehtävälle maanmuokkaukselle muodostuvaan hintaan	30
4.3 Tienvarsivarastot	32
4.4 Kantojen korjuu osana kuusikoiden uudistamisketjua	33
LÄHTEET	34

1. JOHDANTO

1.1 Yleistä metsähakkeen käytöstä polttoaineena

Keski-Suomen bioenergiastrategiassa on asetettu bioenergiankäytön tavoitteet vuosille 2010 ja 2025. Bioenergiastrategia perustuu asiantuntijoiden näkemyksiin. Bioenergiastrategian esityksen ja tavoitteen mukaan vuonna 2010 metsähakkeen energiakäyttö Keski-Suomessa on 1600 gigawattituntia ja vuonna 2025 tavoite on 2000 gigawattituntia. Nykyinen vuotuinen käyttö on noin 700 gigawattituntia. (Määttä ja Paananen 2005). Tavoitteisiin pääseminen vaatii metsähakkeen tehokkaampaa hankintaa.

Koko Suomessa metsähaketta käytettiin vuonna 2005 lämpö- ja voimalaitoksissa 2,6 milj. m³. Keski-Suomea on pidetty metsähake-alan kehitys- ja käyttökeskuksena. Vuonna 2005 metsähaketta poltettiin eniten Keski-Suomen ja Pohjanmaan metsäkeskusten alueilla. Metsähake maksoi vuonna 2005 ilman arvonlisäveroa käyttöpaikalle tuotuna 8,95 euroa irtokuutiometri (€/i-m³). (Ylitalo 2006.)

1.2 Kannot energiapuuna

1990-luvun lopulla energiapuun käytön lisäämisen tavoitteet ja uusiutumattomien energialähteiden päästöraitteet tekivät kantojen noston energiakäyttöön jälleen ajankohtaiseksi. Pääosa metsähakkeesta saadaan kuusikoitten uudistusalojen hakkuun oksista ja hukkarunkopuusta. Kuusikoitten uudistusalojen kannot ovat kuitenkin mittava raaka-aineresurssi, sillä uudistusalojen kannoista on mahdollista saada enemmän polttoainetta kuin hakkuutähteestä (Hakkila 2004.)

Ongelmana voi pitää nostettuihin kantoihin jäävää maa-ainesta. Kantojen hakettaminen metsähakkeeksi ei onnistu hukkarunkopuun ja oksien hakettamiseen soveltuvalla hakkurilla, vaan kannot on murskattava järeillä kantomurskaimilla. Murskaimet sijaitsevat usein suurten polttolaitosten yhteydessä. Tällaisia murskaimia kutsutaan käyttöpaikkamurskaimiksi. Kannoista tehty polttoaine kelpaa hyvin polttoon näissä suurissa polttolaitoksissa, vaikka se murskauksen jälkeenkin sisältää huomattavasti enemmän epäpuhtauksia kuin muut metsähakkeet. (Halonen, Lipponen, Aarnio ja Erkkilä 2001.)

Hukkarunkopuusta ja oksista tehtyä haketta käytetään usein pienemmissä polttolaitoksissa. Näin ollen niistä tehdyn hakkeen kaukokuljetusmatkat eivät ole niin pitkiä kuin kantopuulla, koska pienempiä polttolaitoksia on enemmän kuin suuria. Pienemmissäkin polttolaitoksissa kantohakkeen käyttö on mahdollista, jos epäpuhtaudet saadaan seulottua tehokkaammin pois polttoaineesta.. Tulevaisuudessa menetelmien kehittyessä voi kantohakkeen käyttöpaikkoja olla enemmän pienten polttolaitosten ottaessa vastaan kannoista murskattua metsähaketta. (Lantiainen ja Tuominen 2006.)

Kantojen korjuu lisääntyi koko Suomessa vuodesta 2004 vuoteen 2005 144000 m³:sta 376000 m³:iin (Metsätilastollinen vuosikirja 2006). Korjuun lisäys on ollut merkittävän suuri. Korjuu tehdään yleensä tela-alustaisella kaivinkoneella, johon asennettu kantojen nostoon tarkoitettu nostohara tai muu kantojen nostoon soveltuva nostolaite. Kantojen korjuuseen on pyritty kehittämään myös ns. kombikoneratkaisua, jossa samalla koneella onnistuu nostotyö ja metsäkuljetus. (Paananen 2003.)

1.3 Toimintaympäristö

Toimintaympäristö on olennainen osa kun ajatellaan metsähakkeen hankintaa. Kantojen noston osalta UPM on edelläkävijä kantojen energiakäytössä Keski-Suomen alueella. Vuonna 2005 UPM tuotti Jämsänkoskella kannoilla 150 gigawattituntia energiaa. Vuoteen 2010 mennessä on UPM:llä ollut tavoitteena

kolminkertaistaa kannoilla tuotetun energian määrä. (Metsäntutkimus 3/2005 s.18.)

Metsänhoitoyhdistyksen ensisijainen tarkoitus on metsänhoitoyhdistyksen jäsenien, eli metsänomistajien, edunvalvonta ja kokonaisvaltaisten metsäluonnon hoitoon ja käyttöön liittyvien palveluiden tuottaminen. Metsänhoitoyhdistys Metson toimialueeseen kuuluu Keuruu, Multia, Petäjävesi, Pylkönmäki ja Saarijärvi. Alueella yksityismetsien pinta-ala on 181 000 hehtaaria. Puulajijakauma näissä metsissä on seuraavanlainen: mäntyä 42 %, kuusta 47 % ja lehtipuuta 11 %. (Metsänhoitoyhdistys 2007.)

Metsänhoitoyhdistys Metsossa toimii hankintapalvelu, joka korjaa ja välittää puuta metsänomistajien metsistä. Hankintapalvelun rooli on tärkeä osa energiapuun hankintaa ja korjuuta. Kannonnostoa on mahdollista toteuttaa ja tarjota kuitenkin myös muiden toimijoiden kuin hankintapalvelun hakkaamiin uudistusaloihin.

Metsänhoitoyhdistysten rooli päätehakuiden hakkuutähteiden ja kantojen korjuussa on ollut kehitysvaiheessa. Toimintaympäristö on muuttunut ja kannonnosto osana metsänuudistamisketjua on yleistynyt nopeasti lähinnä muiden toimijoiden toteuttamana. Hakkuutähteiden ja kantojen korjuuseen liittyy nykyisellään epätietoisuutta esimerkiksi toiminnan aiheuttaman ravinnepoistuman suuruuteen liittyvissä asioissa, joten metsänomistajan metsänhoidolliset hyödyt uudistusalojen energiapuun korjuussa voivat olla kyseenalaisia. Metsänhoitoyhdistysten on kuitenkin hyvä pystyä tarjoamaan samoja metsänuudistamisketjuun liittyviä palveluja kuin muiden toimijoidenkin.

1.4 Kantopotentiali

Yksityismetsien kuusikoitten uudistusalojen kannoista on alueelta saatavissa mittava energiamäärä vuosittain. Metsäkeskus on tehnyt metsänhoitoyhdistyksen alueella selvityksen, jossa metsäsuunnitelmätietojen perusteella on kartoitettu alueen energiapuupotentiaalia. Vuosittain hakkuuseen

tulevien kuusikoiden uudistusalojen kantopuupotentiaalin (m^3/v) osuus energiapuumääristä on selvitetty.

Kantopuumäärien käyttöönotettavuudessa on otettu huomioon muutama rajoite. Suunnitelmatiedoista on kannonnostoon soveltuviksi kohteiksi katsottu sellaiset uudistusalat, joissa rehevyys on vähintään tuoreen kankaan tasoista, kohde ei ole kivinen, kuusivaltainen puusto on yli $150 \text{ m}^3/\text{ha}$, hakattavissa oleva puusto on yli $200 \text{ m}^3/\text{ha}$ ja metsäkuljetusmatka on alle 400m. Lisäksi on huomioitava, että vain kuusen kantoja nostetaan uudistusaloilta.

Nämä rajoitteet huomioon ottaen metsänhoitoyhdistyksen alueella, eli Keuruun, Multian, Saarijärven; Pylkönmäen ja Petäjäveden kuntien alueella, olisi nostettavissa yhteensä 46941 kiintokuutiometriä kuusen kantoja vuosittain. Laskennassa on oletettu, että kantoa on ainespuusta 26 %:ia, ja uudistusalan kuusenkannoista kerätään 90 prosenttia. Taulukosta 1 selviää kantopuupotentiaalin jakautuminen metsänhoitoyhdistyksen alueella.

Taulukko 1 Kantopuupotentiaalin jakautuminen metsänhoitoyhdistys Metson alueella

Kunta	%
Keuruu	37
Multia	16
Petäjävesi	20
Saarijärvi	24
Pylkönmäki	3

1.5 Työn tarkoitus ja tavoite

Työn tarkoitus oli selvittää Metsänhoitoyhdistys Metson toimialueellaan suorittaman kannonnostotoiminnan kustannusrakennetta sekä toiminnan edellytyksiä. Tavoitteena oli muodostaa kokonaiskuva kantojen korjuusta ja sen sopivuudesta metsänhoitoyhdistyksen toimialueeseen. Toiminnalla ei ole metsänhoitoyhdistyksen toteuttamana vielä perinteitä, eikä sen taloudellinen kannattavuustaso ole täysin selvillä. Näin ollen selvitys kannonnoston

kustannuksista suhteessa nostossa saatavaan polttoaineen arvoon, ja muihin noston seurauksena syntyviin hyötyihin ja haittoihin on tarpeellinen.

Lähtökohtana toiminnan edellytykselle voisi pitää sitä, että kannonnoston tulisi olla kannattavaa sekä metsänomistajalle että metsänhoitoyhdistykselle. Sen ei tulisi olla metsänomistajalle epäedullinen metsänuudistamisen onnistumisen ja kustannusten kannalta. Kantojen noston ja metsäkuljetuksen kustannustason ja tuottavuuden sekä korjuun vaikutusten arvioiminen erilaisilla uudistuskohteilla on tärkeää suunniteltaessa metsänuudistamista.

Yhtenä kannonnostotoiminnan keskeisenä edellytyksenä metsänhoitoyhdistykselle on, että energialaitos maksaa kantopuusta riittävän hinnan, joka kattaa sen haltuun saamiseen käytetyn työpanoksen. Energiamarkkinoihin vaikuttaa kuitenkin useat tekijät, kuten eri polttoaineiden hintojen vaihtelu ja päästökauppaan liittyvät asiat. Näin ollen myös energiantuotantolaitosten kiinnostus kantopolttoaineeseen ja siitä maksettava hintataso voi vaihdella. Kannonnostotoiminnan kokonaiskannattavuuteen vaikuttaa myös käytetty logistinen ketju puupolttoaineen käyttöpaikalle. Jos logistisen ketju on tehokas, vaikuttaa se yleensä positiivisesti myös jokaisen ketjussa olevan toimijan toiminnan kannattavuuteen. Työssä tarkasteltiin myös kantopolttoaineesta maksettavan hintatason vaikutusta kantojen korjuun kustannuksiin sekä logistisen ketjun toimivuutta.

Lisäksi työssä selvitettiin aikaisempien tutkimusten, julkaisujen ja havaintojen perusteella kannonnoston hyötyjä ja haittoja metsänomistajan kannalta seuraavan puusukupolven kasvattamisessa. Bioenergia-alaan liittyen tutkimuksia ja selvityksiä on julkaistu runsaasti viime vuosina. Niistä kerättyä informaatiota käytettiin hyväksi tutkintotyössä.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Kohdevalinta

Kantojen nostokohteiksi valittavat kohteet ovat kuusikoiden uudistusaloja. Kuusen kannot nousevat maasta irti helpommin kuin muut kannot, koska niiden juuristo on lähellä maan pintaa. Männyn kantojen juuret ulottuvat syvemmälle maahan ja juuristoon kiinnittyy myös enemmän maa-ainesta ja kiviä. Lisäksi kuusen kannoissa on paljon puuainesta, sillä kanto-juuripuun tilavuusarvon on sanottu olevan noin 25 - 30 %:ia rungon tilavuusarvosta. (Hakkila 2004.)

Maalajiltaan kohde ei mielellään saisi olla hienojakoista. Hienojakoinen maa-aines jää kantoihin liiaksi kiinni nostotyötä tehdessä. Lisäksi hienojakoisten savimaiden vesitalous heikkenee kantojen noston seurauksena. (Melkas 2006) Maalajiltaan keskikarkeat kohteet ovat otollisimpia kantojen korjuuseen. Karkean maalajin kohteilla, erityisesti kivisillä kohteilla kannot ovat kokemusten mukaan maassa kiinni lujemmin, vaikka nostetut kannot ovatkin yleensä puhtaimpia. (Salonen 2006.)

Kannonnostokohteilta on kerätty myös hakkuutähteet eli oksat ja latvat energiakäyttöön ennen kantojen nostoa. Hakkuutähteiden keräys on miltei välttämättömyys, jotta kantojen nosto voidaan tehdä. Runsas hakkuutähteiden määrä uudistusosalalla hidastaisi olennaisesti kannonnostotyön tuottavuutta ja kannattavuutta sekä huonontaisi työn laatua.

Metsänhoitoyhdistys on valinnut ja toteuttanut kannonnostokohteet lähinnä metsänomistajien kyselyiden mukaisesti. Kannonnostoa ei ole vielä markkinoitu metsänomistajille. Lisäksi kohdevalinnassa on käytetty Keski-Suomen metsäenergia II -projektin laatiman Opas kannonnostoon -julkaisun ohjeita kohdevalinnasta. Nostotyön toteuttaneen urakoitsijan mielestä kohteet ovat olleet kannonnostotyöhön hyvin soveltuvia.

2.2 Logistinen ketju

Logistinen ketju tarkoittaa tässä työssä sitä toimintojen ketjua, joka käsittää toiminnat ja toimijat kantoenergian haltuun saamiseksi hakkuuaukealta käyttöpaikalle. Metsänhoitoyhdistys Metson nostamien kantojen käyttöpaikka on Jyväskylän Rauhalahden voimala, joka sijaitsee Jyväskylän keskustan tuntumassa.

Metsänhoitoyhdistys toimittaa kannot tienvarsivarastoon, jotka sijaitsevat kannonnostokohteilla. Tienvarsivarastossa kannot kuivuvat vähintään kesän ylitse, ennen kaukokuljetusta käyttöpaikalle. Kaukokuljetuksesta vastaa Jyväskylän energia. Kaukokuljetus voidaan toteuttaa hakkuutähteiden kuljetukseen soveltuvalla autolla, sillä kannot kuljetetaan paloina käyttöpaikalle suoraan tienvarsivarastoilta. Käyttöpaikalla on murskain, jolla kannot murskataan kantohakkeeksi. Jyväskylän Energia maksaa metsänhoitoyhdistykselle kantojen sisältämän energiasisällön, eli megawattituntien, perusteella. Yksi kiintokuutio puuta sisältää energiaa noin kaksi megawattituntia. (Opas kannonnostoon.)

Toinen vaihtoehto kuljetusketjulle voisi olla terminaalimurskaus. Terminaalimurskausmenetelmässä energiapuun haketuspaikka on terminaalissa. Terminaali toimii energiapuun suurempana varastointipaikkana. Terminaalista huolehditaan valmiin metsähakkeen jatkokuljetukset käyttöpaikoille. Terminaalin tulisi sijaita keskeisellä paikalla metsähakekuljetuksia ajatellen. Terminaalilla on myös perustamiskustannukset ja terminaalin toiminnan kannalta metsäenergian keruun tulisi olla säännöllistä ja hyvin organisoitua. (Halonen 2005.)

2.3 Hankintaketjun kustannukset

Kantopuun hankintaketjun kustannukset jakaantuvat osatekijöihin. Osatekijöitä ovat kantojen nostotyö, metsäkuljetus, murskaus, kaukokuljetus ja

yleiskustannukset. Kuiton (1984) mukaan kannonnoston kustannukset jakaantuivat 1980-luvulla seuraavan taulukon mukaisesti:

Taulukko 2 Hankintaketjun kustannukset

Työvaihe	Osuus (%)
Nostotyö	27 - 29
(irrotus, paloittelu, ravistelu, kasaaminen)	
Metsäkuljetus	20 - 23
(alle 300m)	
Murskaus	18
Kaukokuljetus (50km)	23 - 26
Yleiskustannukset	6 - 8

Kuiton (1984) mukaan kantojen nostotyön ja metsäkuljetuksen yhteisosuus koko hankintaketjun kustannuksista on noin 50 prosenttia. Osatekijät taulukon hankintaketjussa ovat samat kuin metsänhoitoyhdistyksen toteuttamassa mallissa. Nostotyön ja metsäkuljetuksen lisäksi metsänhoitoyhdistykselle aiheutuu myös yleiskustannuksia muun muassa työnjohtotoista. Myös tienvarsilla olevat kantokasat eli varastot ovat eräänlainen kustannustekijä, sillä niihin on rahaa sitoutuneena.

Kaukokuljetuksen ja murskauksen kustannukset eivät ole olennaisia tässä työssä, sillä niistä aiheutuvat kustannukset koituvat kantopuun ostajalle. Huomioitava tekijä on kuitenkin se, että kaukokuljetusmatka tienvarsivarastoilta käyttöpaikalle on tässä selvityksessä jokaiselta kohteelta pidempi kuin viisikymmentä kilometriä. Pitkän kaukokuljetusmatkan voi olettaa pienentävän ostajan kantopuun tienvarastoista maksamaa hintaa.

2.4 Nostotyön ja metsäkuljetuksen tarkastelu

Nostotyön kustannuksia selvitettäessä tarkasteltiin kahdeksaa uudistusalaa, joissa metsänhoitoyhdistys oli toteuttanut kannonnoston. Näistä neljä kohdetta sijaitsee Keuruun kunnassa ja neljä kohdetta Multian kunnassa. Näiden

kohteiden toteutuneet urakointikustannukset kantojen nosto- ja metsäkuljetustyöstä olivat tiedossa tätä selvitystyötä aloitettaessa. Kantojen nostokohteista selvitettiin olennaiset tiedot kannonoston kustannuksiin ja tuottavuuteen vaikuttavista tekijöistä.

Kannonnoston kustannuksia ja tuottavuuksia verrattiin arvoihin, joita tämän alan piiristä on saatu aikaisemmissa selvityksissä ja tutkimuksissa. Muun muassa Metsäntutkimuslaitos ja Metsäteho tutkivat kannonostoa energiakäyttöön jo 1970-luvulla. Nämä tutkimukset ovat osaltaan vieläkin käyttökelpoisia, sillä nosto- ja metsäkuljetusmenetelmät eivät ole radikaalisti kehittyneet tuosta ajasta. Koneiden käyttötuntikustannukset ovat toki muuttuneet ja koneet sekä nostoon tarkoitettut kantoharat ja -pilkkurit ovat kehittyneet ja tulleet käytettävyydeltään paremmiksi, mutta työmenetelmät ovat miltei samat kuin nykypäivänä.

Nostotyön toteutti yrittäjä, joka käytti nostotyöhön raskasta, painoltaan kahdenkymmenen tonnin Volvo EC 210 BLC -merkkistä kaivinkonetta, johon oli liitetty A. Hirvonen Oy:n valmistama kantojen nostoon tarkoitettu kantohara. Kantoharan vasemmassa sivussa on laikkujen tekoon tai mättäiden muotoiluun tarkoitettu lapiomainen levy. Kantoharalla nostettaessa kanto halkaistaan useampaan osaan siten, että suuremmat kannot halkaistaan neljään osaan ja pienemmät kahteen osaan. Kanto halkaistaan yleensä sen ollessa vielä maassa, jonka jälkeen kantopalat nostetaan palstalle ilmavalle kasalle. Noston yhteydessä kantoa ravistetaan nostokohdan päällä, jolloin maa-ainesta karisee nostokohtaan. (Salonen 2006.)

Palstalla kannot ovat muutaman viikon, jotta suurimmat maa-aineet karisevat pois. Palstavarastoinnissa on kasat tehtävä siten, että kannot ovat mahdollisimman vähän maata vasten, jotta kasat kuivavat paremmin, ja ne ovat nopeammin lastattavissa metsäkuljetuksessa. Irtokivien mukaantuloa on varottava kuljetettaessa kantoja tienvarsivarastoon. Metsäkuljetus palstalta tienvarsivarastoon toteutettiin Ponsse S15 ja Buffalo -merkkisillä metsätraktoreilla, joiden kuormatilaa ei ollut jätetty.

Kannonnoston tuottavuuteen vaikuttaa maaperä ja maasto, juurakon koko ja tiheys, sekä nostotyön tehokkuus. Lähikuljetuksen tuottavuuteen vaikuttaa pääasiassa leimikon koko, kantokasojen koko palstalla, metsäkuljetusmatka ja kuormatilan koko. Kantojen nostossa työskentelevän koneen tuottavuutta voidaan kuvata yksiköllä m^3/h , jossa m^3 tarkoittaa kannoista saatavaa

puuainesta kiintokuutioina ja tunti on aikayksikkö koneen tehotyötuntina. Lisäksi tuottavuutta voidaan kuvata yksiköllä ha/h , jossa työn tuotosta kuvataan pinta-alalla. (Halonen 2001). Tässä työssä nostotyön tuottavuudesta ei ole tehty laskelmia, koska nostotyö on tehty urakointihinnoittelulla. Nostotyön ja metsäkuljetuksen kustannuksia on verrattu saatavaan kantopuumäärään. Metsäkuljetuksen tuottavuutta on tarkasteltu verraten kuljetusaikaa kuljetettuun kantopuun määrään kiintokuutioina (m^3/h).

Kannonnostossa nostetaan vain kuusen kantoja, joten vain ne huomioitiin kohteen puustoksi. Kohteella olleen puuston määrä vaikuttaa kannonnoston tuottavuuteen ja kohteelta saatavaan kantomäärään kiintokuutioina. Lisäksi on huomioitava, että vain kuitupuun mitat täyttävien kuusirunkojen kannot jätetään nostamatta. Kantoja ei saa nostaa säästöpuuryhmän vierestä, vesistöjen suojavyöhykkeeltä, metsäluonnon arvokkaista ympäristöistä tai kanalintujen pesien vierestä. Jätettävien pienten kantojen lisäksi nostoalueelle tulee jättää noin 10 - 20 kappaletta jättökantoja hehtaarille. (Opas kannonnostoon.)

Työssä selvitettiin kannonnoston ja metsäkuljetuksen hintaa verrattuna kohteen kannoista saatavaan energiasisältöön. Kustannukset laskettiin kohteittain. Metsänhoitoyhdistykselle aiheutuviin kustannuksiin vaikuttaa urakoitsijalle maksettavan korvauksen suuruus. Kantojen nostoa voi tehdä urakkatyönä ns. hehtaarihinnalla tai urakoitsija voi veloittaa työstä työtunneittain. Tämän selvitystyön kohteissa 1-7 on urakoitsijalle maksettu nostotyöstä hehtaarikorvauksena 600 euroa / hehtaari arvonlisäverottomana. Kohteella 8 on urakoitsijalle maksettu 50 euroa/työtunti.

2.5 Kohteet

Kaikki tässä selvityksessä mukana olleet uudistusalat olivat kasvupaikkatyypiltään tuoreita kankaita tai tätä rehevämpiä. Kohteet olivat puustoltaan kuusivaltaisia päätehakkuukypsiä metsiä. Maalajiltaan kohteet olivat keskikarkeita, ja metsäkuljetusmatkat kohteilla suhteellisen lyhyitä. Yhdellä kohteella oli pidempi metsäkuljetusmatka, eli keskimäärin n. 400 metriä. Kohteiden 3,4,6 ja 7 puustotiedot selvitettiin toteutuneiden hakkuukoneen hakkuumäärätulosten perusteella. Kohteiden 1,2,5 ja 7 puustotietojen selvittämisessä jouduttiin turvautumaan metsäsuunnitelmatietoihin.

Taulukko 3 Kohteiden puusto- ja pinta-aliatiedot

Kohde	Pinta-ala / leimikon koko	m ³ /ha Kaikki puulajit	m ³ /ha kuusi	Metsäkuljetusmatka metriä
1	1,7	226	146	80
2	5	219	191	50
3	5,8	340	312	400
4	6,4	410	245	250
5	4	380	300	120
6	6,6	308	220	250
7	2,1	495	327	90
8	2	270	248	90

VMI 9:n mukaan Keski-Suomessa keskimääräinen uudistuskypsan metsän keskitilavuus on 263 m³/ha. Selvityksessä mukana olleiden kohteiden keskiarvo puuston tilavuudeksi on muodostunut 331 m³/ha, joten kokonaisuutena kohteet ovat olleet puuston tilavuudeltaan keskimääräistä Keski-Suomen päätehakkuuta suurempia. Kohteiden puustotietojen perusteella voidaan päätellä, että kuusen kantoja ei tarvitsisi jättää alueilla korjaamatta. Muiden puulajien kantojen määrä riittää kattamaan tarvittavan jättökantojen määrän

2.6 Kohteilta saatava kantopuun määrä

Kuusen kantopuun tilavuudeksi on määriteltä 20,3 - 21,5 % kuorellisen rungon mitoista (Hakkila 1974). Puuenergian teknologiaohjelman julkaisun 2/2004 mukaan kuusen kanto- ja juuripuun tilavuusarvo on 25 - 30 % rungon tilavuusarvosta. Jos päätehakkuussa kannot jätetään korkeiksi, maahan jäävän kantopuun tilavuus kasvaa. Sellaiseen toimintaa ei kuitenkaan koskaan ole pyrkimystä, vaan rungon tukkiosuus pyritään saamaan talteen mahdollisemmin alhaalta juuren niskasta.

Tässä laskelmassa on kohteilta saatava kantopuun määrä laskettu kuusipuuston tilavuudesta olettaen, että maassa olleiden kantojen tilavuus on 26 % hakatun kuusipuuston tilavuudesta. Prosenttiosuus on sama, mitä Metsäkeskus on käyttänyt metsänhoitoyhdistyksen alueen kantopotentiaalia määrittäessä.

Taulukko 4 Kuusen kantopuun määrä kohteilla

Kohde	Pinta-ala / leimikon koko	m ³ /ha kuusi	m ³ /kuvio kuusi	Kantopuun määrä kiintokuutioina
1	1,7	146	249	65
2	5	191	956	249
3	5,8	312	1810	471
4	6,4	245	1567	408
5	4	300	1200	312
6	6,6	220	1452	378
7	2,1	327	686	178
8	2	248	496	129

Vaikka aiemmin todettiin, että kohteiden muiden puulajien kannot riittävät kattamaan jättökantojen määrän, käytetään tulevissa laskelmissa oletusta, jossa 90 prosenttia taulukon 4. kantopuun määrästä on saatu kantojen korjuussa talteen. Metsätraktorin ajourien varsilta ei kantoja kannata nostaa, koska tällöin ajourien kantavuus säilyy parempana. Myös pienet kuitupuun kokoluokan runkojen kannot jätetään nostamatta. Näiden suositusten myötä on päädytty arvioon, että keskimäärin noin 90 prosenttia alueiden kuusen kantopuumäärästä saadaan nostettua.

2.7 Kohteiden toteutuneet urakointikustannukset

Taulukoissa 5 ja 6 on esitetty kannonnostokohteiden toteutuneet urakointikustannukset.

Taulukko 5 Toteutuneet nostotyön kustannukset

Kohde	Pinta-ala / leimikon koko	Nostettu kantopuu kiinto-m ³	Nostotyön kustannus €	Kustannus € / ha
1	1,7	58	1020	600
2	4,9	224	2940	600
3	5,8	424	3480	600
4	6,4	367	3840	600
5	4	281	2400	600
6	6,6	340	3960	600
7	2,1	161	1260	600
8	2	116	900	450

Taulukko 6 Toteutuneet metsäkuljetuksen kustannukset

Kohde	Pinta-ala / leimikon koko	Kuljetettu kantopuu kiinto-m ³	Metsäkuljetus työtunnit	Lähikuljetus €
1	1,7	58	5	220
2	5	224	27	1188
3	5,8	424	65	2860
4	4,9	367	44	1936
5	4	281	28	1232
6	6,6	340	46,5	2046
7	2,1	161	20	880
8	2	116	14,5	638

2.8 Kantojen korjuu metsänomistajan kannalta

Nostetusta kantopuusta ei maksettu metsänomistajalle metsänhoitoyhdistyksen toteuttamissa kohteissa. Metsänomistaja saa korvauksen luovuttamistaan kannoista maanmuokkauksena. Kannonnostotyö paljastaa kivennäismaata, niiltä kohdin joista kantoja nostetaan. Kivennäismaan paljastaminen on uudistamiskohteille tehtävän maanmuokkauksen tarkoitus. Tällöin alueelle seuraavaksi viljeltävä puusukupolvi saa paremmat kasvuedellytykset. Yleensä

ei nostotyössä synny riittävästi istutuspaikkoja vaikka kannonnostossa paljastuukin runsaasti kivennäismaata, joten lisämättäiden tai laikkujen teko kantojen noston yhteydessä on tarpeen. Kannonnoston yhteydessä tehtävä maanmuokkaus on metsänomistajalle ilmainen tai edullisempi kuin tilanteessa jossa kantojen korjuuta ei tehdä. Mitä enemmän kohteelta saadaan kantopuuta polttoaineeksi korjuun kustannuksiin nähden, sitä edullisemmaksi noston yhteydessä tehtävä maanmuokkaus muodostuu.

Kannonnoston yhteydessä tehtävää maanmuokkausta voisi verrata laikutukseksi tai laikkumätästykseksi, sen mukaan siitä kuinka paljon mättäitä muotoillaan. Useimmiten kuusikon uudistushakkuun jälkeen alueelle viljellään kuusia. Vuoden 2006 Tapion hyvän metsänhoidon suositusten kuusenviljelyohjeen mukaisesti istutuspaikkoja tulisi olla 1600 - 1800 hehtaarille. Hyvä istutuspaikka taimelle ja maanmuokkaus kokonaisuudessaan ovat tärkeitä metsänuudistamisen onnistumisen kannalta.



Kuva 1 Kannonnostokohteelle istutettuja kuusentaimia

Rehevät kohteet ovat kantojen nostokohteina usein otollisia, sillä näillä kohteilla myös puuston tilavuus on usein suurempi. Mitä rehevämpi kohde, sitä tarpeellisemmaksi tulevat usein myös hyvät mättäät, joihin kuuset istutetaan.

Tällöin taimella on parempi lähtökohta kilpailla kasvussa sen selviytymistä ja kasvua uhkaavaa kasvillisuutta vastaan. Voisi siis ajatella, että rehevillä kohteilla kuten lehtomaisen kankaan metsätyypin kohteilla täydentävien mättäiden tarve on suurempi kuin tätä karummilla kohteilla. Kantoharoista on olemassa erilaisia malleja ja myös työmenetelmät vaihtelevat. Tällöin myös työjäljessä voi olla eroavaisuuksia. Useisiin kantoharoihin on kiinnitetty lapiomainen levy täydentävien mättäiden tiivistystä ja muotoilua varten.

Metsätehon teettämän tutkimuksen (Metsäteho, Kantojen noston merkitys metsänuudistamisessa) mukaan kantojen nostossa rikkoutuneen maanpinnan osuus on huomattavasti suurempi kuin perinteisessä maanmuokkauksessa. Tutkimuksessa kantojen noston seurauksena syntyneen rikkoontuneen maanpinnan osuus on 65 – 90 prosenttia, kun perinteisissä maanmuokkausmenetelmissä kuten laikkumätästyksessä rikkoontuneen maanpinnan osuus jää 20 – 30 prosenttiin. Kantojen noston tekniikka on kuitenkin parantunut ja maanpinnan käsittely pyritään tekemään yhä varovaisemmin, siten että rikkoontuneen maanpinnan osuus vähenisi.

Rikkoontuneen maanpinnan lisääntyessä myös vesakoituminen lisääntyy. Runsaan vesakoitumisen seurauksena taimikonhoidon kustannukset nousevat. Vesakoituminen ei ole kuitenkaan yksin riippuvainen rikkoontuneen maanpinnan määrästä, vaan siihen vaikuttavat myös monet muut tekijät kuten kasvupaikan viljavuus, kosteus, heinittyminen ja siementävän lehtipuun määrä. Tutkimuksessa (Melkas 2006) kuusen viljelyn onnistumisesta kannonnostokohteilla UPM Metsän Jämsänkosken piirissä, on tuloksena todettu 66 % enemmän luontaisesti syntynyttä lehtipuutaimiainesta kannonnostoaloilla verrattuna tavanomaisten laikkumätästyskohteiden määrään.

Hakkuutähteiden ja kantojen korjuu mahdollistaa nopean uudistamisen, joka on etu ajateltaessa puunkasvatuksen tuottavuutta. Lisäksi uudistusalueelle istutuksen seurauksena tuleva taimikko on tällaisilla aloilla, joista hakkuutähteet ja kannot ovat korjattu, usein rakenteeltaan hyvä. Se on tasalaatuinen ja tilajärjestykseltään hyvä. Hyviä istutuspaikkoja on yleensä ollut enemmän ja alueelle tulleet luontaiset taimet toimivat hyvin täydentävinä taimina (Harstela 2004). Toisaalta edellä mainituissa asioissa oksa- ja latvusmassan keräämisen merkitys on suurempi kuin kantojen korjuun.

Hakkuutähteiden ja kantojen vieminen pois uudistusalueelta vähentää ravinteiden määrää kohteella, sillä hajoavaa puubiomassaa jää alueelle vähemmän. Eniten ravinteita on kuitenkin hakkuutähteiden neulasissa. Niiden onkin syytä antaa karista maahan ennen kuljetusta palstalta tienvarteen. Kaikkia hakkuutähteitä ei kuitenkaan kannata viedä kohteilta pois. Noin 30 prosenttia hakkuutähteistä jätetäänkin palstalle pitämään yllä maaperän ravinnetaloutta. Kantoja nostettaessa kantojen hienojuuret katkeavat ja jäävät maahan. Ne ovat kantojen ravinnerikkain osa, ja tärkeitä kohteiden ravinnetalouden kannalta. (Häkkinen 2006.)

Toisaalta avohakkuukohteilla ravinnemäärät voivat olla hakkuun jälkeen liiankin suuria. Taimethan eivät tarvitse niin paljon ravinteita kuin aiemmin paikalla ollut järeä kuusikko. Hakkuutähteiden osittainen korjuu pienentää ravinnepiikkiä uudistamishetkellä ja voi vähentää esimerkiksi vadelmien ja siemensyntyisen koivun määrää alueella (Halonen 2005). Merkittävä osa seuraavan sukupolven tarvitsemista ravinteista on kuitenkin peräisin hakkuutähteistä ja kannoista. Maaperän typpivarastojen suuruuteen uudistusalojen energiapuun korjuulla ei tiettävästi ole suurta merkitystä. Sen sijaan käyttökelpoisen typen määrä vähenee. Myös muiden ravinteiden, kuten kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin väheneminen, on seurausta energiapuun korjuusta. Ravinnemenetystä kuitenkin korvaa ilmakehästä tuleva laskeuma, kivennäismaan mineraalien rapautuminen ja maan orgaanisen aineen hajoaminen. Nämä eivät kuitenkaan riitä korvaamaan kaikilla paikoilla

tarvittavaa ravinnemenetystä, vaan seuraavaan puusukupolven kasvu on hitaampaa verrattuna siihen, että uudistushakkuukohteelta ei olisi korjattu energiapuuta (Palviainen 2007). Tämän vuoksi myös jättökantojen riittävän määrän jättäminen uudistusosalalle on tärkeää. Kannot ovat hitaasti hajoavaa biomassaa, joten vaikutukset ulottuvat pidemmälle seuraavaan puusukupolveen.

Kuuselle tyvilahoa aiheuttava juurikäpä on levinnyt miltei kaikkialle Etelä- ja Länsi-Suomen kuusikoihin. Keski-Suomessa se on paikoittainen. Juurikäpä tarttuu juuriston kautta hyväkuntoisiinkin kuusiin. (Korhonen, Lipponen ja Piri 2007). Jos juurikäpä on ollut metsänuudistuskohdeella ongelma, voidaan kantojen nostolla ehkäistä juurikäävän siirtymistä seuraavaan puusukupolveen. Suurin puuntuotannollinen hyöty onkin saatavissa tehtäessä kantojennosto tyvilahon vaivaamalle uudistusosalalle. Kuusikoiden uudistusaloilla puulajin vaihto ei ole yleistä. Tyvilaho kuitenkin alentaa leimikon kantoarvoa noin viidellä prosentilla. Jos kantojen nostolla saadaan estettyä tyvilahon siirtyminen seuraavaan puusukupolveen, on kantojen korjuusta tuleva taloudellinen hyöty merkittävä. (Harstela 2004.)

Tukkimiehentäinaaraat munivat tuoreiden havupuukantojen juuriin, joista kehittyvät toukat siirtyvät juurten pintapuuhun koteloitumaan. Kotelosta kuoriuduttuaan tukkimiehentäit siirtyvät järsimään kuorta ja nilaa läheisiin havupuun taimiin (Kankaanhuhta 2007). Kannonosto voi vähentää tukkimiehentäin aiheuttamien taimituhoja, koska toukkien koteloitumispaikat nostetaan pois. Kantojen tienvarsivarasto on yleensä kohteen vieressä, joten tukkimiehentäin aiheuttamien vahinkojen voi olettaa olevan todennäköisempiä taimiin, jotka sijaitsevat lähellä tienvarsivarastoa.

2.6 Tienvarsivarastot

Työhön liittyen mitattiin viiden kantokasan kehysmitat tarkoituksena arvioida kehysmittauksen tarkkuutta kantomäärien mittausten menetelmänä ja selvittää kantopaloista tehtyjen tienvarsivarastojen kiintotilavuuskertoimia.

Varastointitilan tarve onkin usein suuri, koska kannonnostokohteilta on kerätty myös hakkuutähteet, jotka tarvitsevat myös varastointitilan. Varastointipaikka tulisi olla tien vieressä, jotta kaukokuljetuskalusto pääsee noutamaan kantopalat voimalaitokselle. Varastot tehdään korkeiksi, noin 4 metrin korkuisiksi, ja niiden seinämät on pyrittävä tekemään lähes pystysuoriksi. Näin minimoidaan lumen ja sateen vaikutus. Kuivauksen kannalta varastot olisivatkin mahdollisuuksien mukaan sijoitettava tuuliselle ja aurinkoiselle paikalle. (Opas kannonnostoon.)

Kun tienvarsivarastot ladotaan kantopaloista tiiviisti, niiden tarvitsema tilantarve on pienempi ja varastot ovat ulkonäöltään siistimpiä. Toisaalta kantopalojen huolellinen asettelu kasalle lisää metsäkuljetukseen kuluvaa aikaa ja kantokasan tuulettavuus huononee. Kantojen kuivaminen tienvarsivarastoissa kesän ylitse on tarpeen, jotta puuaines kuivaa ja kannoissa vielä jäljellä oleva maa-aines irtoaa ja karisee kannoista. (Opas kannonnostoon.)

Leveyden ja korkeuden määrittämisessä mitattiin ja arvioitiin kantokasan leveys ja korkeus useammasta kohdasta kantokasaa, jonka jälkeen laskettiin keskimääräiset arvot. Mittaukset on tehty metsurin rullamitalla. Joidenkin kohteiden tienvarsivarastoissa kannot saattoivat olla useammassa eri kasassa, mutta taulukkoon kantokasat on summattu yhdeksi kehystilavuudeksi kohteittain.

Taulukko 7 Mitatut tienvarsivarastot

Kohde	Kantopuun määrä kiinto-m ³	Tienvarsivaraston koko (metreinä)			Kehystilavuus irto-m ³
		Pituus	Leveys	Korkeus	
1	58	18	3,5	4	252
2	224	99	3,7	3,8	1379
3	424	114	4,3	4,3	2108
7	161	61	3,3	4	805
8	116	44	3,7	3,1	505



Kuva 2 Kantojen tienvarsivarasto

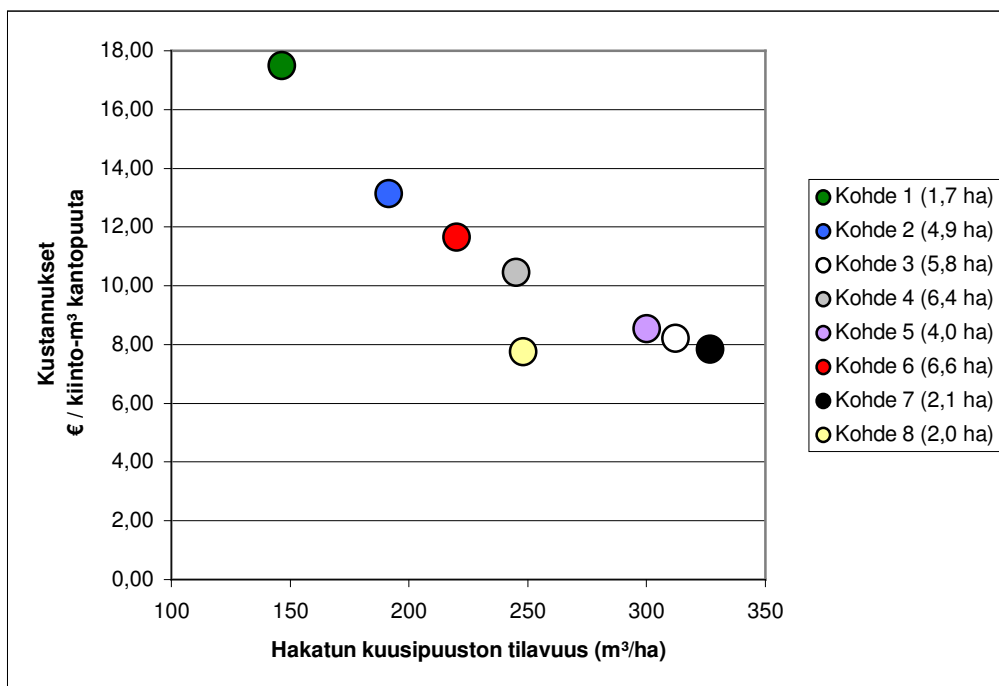
3. TULOKSET

3.1 Nostotyön kustannukset

Taulukko 8 Nostotyön kustannukset

Kohde	Pinta-ala / leimikon koko	Kustannus e/kiinto-m ³	Kustannus e/MWh
1	1,7	17,5	8,8
2	4,9	13,1	6,6
3	5,8	8,2	4,1
4	6,4	10,5	5,2
5	4	8,5	4,3
6	6,6	11,7	5,8
7	2,1	7,8	3,9
8	2	7,8	3,9

Tehtäessä kannonnostoa hehtaarikohtaisella urakkahinnoittelulla on nostosta aiheutuva kustannus saatavaa energiasisältöä vastaan verrannollinen kohteella olleeseen kuusipuuston tilavuuteen. Kohteen 8 kannot on nostettu tuntiinnoittelulla.



Kuva 1 Hakatun puuston vaikutus kustannuksiin nostettua kantopuun kiintokuutiometriä kohden uudistusaloittain (Alv 0 %)

3.2 Metsäkuljetuksen kustannukset ja tuottavuudet

Taulukko 9 Metsäkuljetuksen tuottavuudet kohteittain

Kohde	Kuljetettu kantopuu kiinto-m³	Metsäkuljetus työtunnit	Tuottavuus m³/h
1	58	5	11,7
2	224	27	8,3
3	424	65	6,5
4	367	44	8,3
5	281	28	10
6	340	46,5	7,3
7	161	20	8
8	116	14,5	8

Keskiarvoksi taulukon 9. kohteiden lähikuljetuksen tuottavuuksista saadaan 8,5 m³/h.

Taulukko 10 Metsäkuljetuksen kustannukset (Alv 0 %)

Kohde	Pinta-ala / leimikon koko	Kustannus e/kiinto-m ³	Kustannus e/MWh
1	1,7	3,8	1,9
2	4,9	5,3	2,7
3	5,8	6,8	3,4
4	6,4	5,3	2,6
5	4	4,4	2,2
6	6,6	6,0	3,0
7	2,1	5,5	2,7
8	2	5,7	2,9

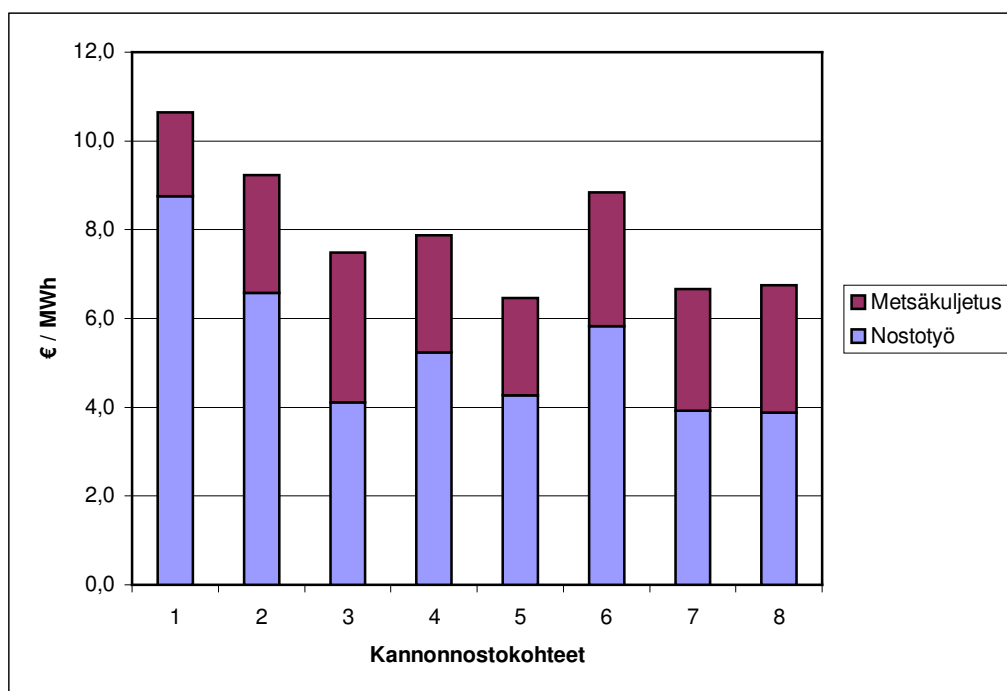
Taulukosta 10 voidaan laskea, että keskimääräiseksi kustannukseksi kiintokuution kuljettamiseen palstalta tienvarsivarastoon on muodostunut 5,3 euroa. Tämä tarkoittaa yhtä megawattituntia kohden 2,65 euron kuljetuskustannusta. Edullisimmillaan kuljetuskustannus on ollut kohteella 1, jossa kustannukseksi on muodostunut 1,9 e / MWh. 400 metrin metsäkuljetusmatka kohteella 3 on nostanut kustannuksen 3,4 euroon megawattituntia kohden.

3.3 Nostotyön ja metsäkuljetuksen kustannukset yhteensä

Taulukko 11 Nostotyön ja metsäkuljetuksen kustannukset yhteensä (Alv 0 %)

Kohde	Nostotyö e / MWh	Metsäkuljetus e / MWh	Yhteensä e / MWh
1	8,8	1,9	10,6
2	6,6	2,7	9,2
3	4,1	3,4	7,5
4	5,2	2,6	7,9
5	4,3	2,2	6,5
6	5,8	3,0	8,8
7	3,9	2,7	6,7
8	3,9	2,9	6,8

Taulukossa 11 on summattu korjuuketjun kustannukset megawattituntia kohden kohteittain.



Kuva 3 Kannonnoston ja metsäkuljetuksen kustannukset saatavaa energiasisältöä kohden

3.4 Tienvarsivarastot

Taulukko 12 Lasketut tienvarsivarastojen kiintotilavuuskertoimet

Kohde	Kantopuun määrä kiinto-m ³	Kehystilavuus irto-m ³	Kiintotilavuus- kerroin
1	58	252	0,23
2	224	1379	0,16
3	424	2108	0,20
7	161	805	0,20
8	116	505	0,23

Taulukossa 12 on laskettu kiintotilavuuskertoimet tienvarsivarastojen kantokasoille käyttäen aiemmin määriteltäviä kohteilta saatuja kantopuumääriä. Keskimääräiseksi kiintotilavuuskertoimeksi kantokasoille on saatu 0,2. Kokonaisina kantoina kootun kantokasan kiintotilavuuskerroin on korkeintaan 0,1 ja pilkottuina korkeintaan 0,3 (Halonen, Lipponen 2001). Mitatut kantokasat olivat koottu pilkotuista kannoista. Kasoja ei kuitenkaan ollut joka kohteella koottu kovinkaan tiiviisti, joka alentaa kiintotilavuuskerrointa.

4. TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Kantojen korjuun kustannustaso

Esiselvityksessä kantojen noston ja energiakäytön edellytyksistä Etelä-Suomen metsämailla vuodelta 2001, on noston ja metsäkuljetuksen tuottavuuksia ja kustannuksia arvioitu. Luvut pohjautuvat 1970- ja 1980-luvuilla tehtyihin aikaisempiin tutkimuksiin kantojen nostosta.

Kantojen noston, pilkonnan, ravistelun ja kasauksen tuottavuusluvut perustuvat tutkimukseen (Kuitto 1984), jonka mukaan raskaan yli kahdenkymmenen tonnin kaivinkoneen, johon on liitetty kantahara, tuottavuus palstalla on 4,5–7,0 kiintokuutiota tunnissa. Kantopäällä varustetun kaivinkoneen käyttötuntikustannukseksi vuonna 2001 on määritetty 53,2 euroa. Näillä tuottavuusluvuilla yhden megawattitunnin verran energiaa sisältävän puumäärän nostamiseen, pilkkomiseen ja ravisteluun, sekä kasoille asetteluun palstalle maksaa arvonlisäverottomana 3,1–4,8 euroa, eli keskimäärin 3,95 euroa.

Myös tuottavuusluvut metsäkuljetuksesta perustuvat samaan tutkimukseen. Kuljetuksessa käytetyn metsätraktorin kuormatilan ollessa 26 m³, on kuljetustuottavuus ollut 5–7 kiintokuutiometriä tunnissa 300 metrin metsäkuljetusmatkalla (Halonen, Lipponen 2001). Jos ajateltaisiin, että metsäkuljetuksesta maksettaisiin 44 euroa työtunnilta, muodostuisi yhden megawattitunnin verran energiaa sisältävän kantomäärän kuljetuskustannukseksi tienvarsivarastoon 3,15–4,4 euroa. Arvonlisäverottomana kuljetuskustannus on 2,6–3,6 e/MWh.

Tässä selvityksessä yhden megawattitunnin verran energiaa sisältävän kantopuumäärän nostaminen palstalle on kustantanut metsänhoitoyhdistykselle ilman arvonlisäveroa selvityksessä mukana olleilla kohteilla 3,2–7,2 euroa. Keskimäärin kustannus on ollut 4,4 e/MWh. Vaihteluväli on suuri, koska

usealla uudistusosalalla urakoitsijalle on maksettu sama urakkahinta riippumatta uudistusosalalla olleesta kantopuutilavuudesta. Kohde 1 on ollut kustannukseltaan kallein, kun kustannusta verrataan saatuun kantopuun energiamäärään. Kun kohde 1 jätetään huomioimatta on keskimääräinen kustannus nostotyöstä ollut 4 e/MWh.

Metsäkuljetuksen kustannustaso on tässä selvityksessä ollut ilman arvonlisäveroa 1,9–3,4 e/MWh. Keskimääräinen kuljetuskustannus on ollut 2,65 e/MWh. Metsäkuljetuksen tuottavuuteen ja tätä kautta kustannuksiin vaikuttaa suurimmin metsäkuljetusmatkan pituus. Tietysti myös muilla tekijöillä kuten maastonmuodoilla, kantokasojen koolla ja sijainnilla palstalla, sekä metsätraktorin ominaisuuksilla on vaikutusta kuljetustyön tuottavuuteen. Metsäkuljetusmatka on selvitystyössä mukana olleilla kohteilla ollut suhteellisen lyhyt. Tietenkin mitä suurempi kohde on ollut pinta-alaltaan, sitä pidemmäksi myös metsäkuljetusmatka muodostuu. Metsätraktorin kuormatilan koko on myös kuljetuksen tuottavuuteen vaikuttava tekijä. Kantopaloista tehdyn kuorman tilavuuden määrittäminen on kuitenkin hankalaa. Kuorman muoto on usein epämääräinen. Tienvarsivarastojen mittauksien mittaustulosten perusteella kantopaloista tehdyn kasan kiintotilavuusprosentti vaihtelee välillä 0,16 - 0,23. Samoin kiintotilavuusprosentti vaihtelee myös eri kuormien välillä. Kantopaloista voi pieneenkin kuormatilaan saada tehtyä hyvin korkean kuorman sijoittelemalla suurimpia kantojen paloja ja juurakoita kuormatilan reunoille. Tällöin kuitenkin kuljetusnopeus saattaa vähentyä kuorman painopisteen siirtyessä ylemmäksi. Talvella metsäkuljetuksen tuottavuuteen voi vaikuttaa liukkaat kantopalat, jota eivät tahdo pysyä kuormatilassa. Kokonaisten kantojen kuljetus voikin jossain tapauksissa olla tuottavuudeltaan parempaa kuin paloina kuljettaminen.

Kaivinkonetyön tuottavuuteen vaikuttavien tekijöiden tietäminenkin on tärkeää, vaikka valtaosalla tämän selvityksen kohteilla on urakointikustannuksena maksettu arvonlisäveroinen 600 e/ha.

Hehtaariohtainen urakkahinnoittelu on metsänhoitoyhdistykselle edullinen silloin kun kohteelta saadaan paljon kantopuuta. Urakoitsijan kannalta vähän kantopuuta omaava nopeasti tehtävä kohde on parempi, sillä aikaa kuluu

kohteella vähemmän. Kantojen korjuun teettäjän on kuitenkin hyvä tietää kaivinkoneella tehtävään kannonnostoon vaikuttavista asioista.

Tuottavuutta kuvataan yksiköllä m^3/h , joka tarkoittaa nostettua kantopuun kiintotilavuutta tunnissa. Nopeasti voisi ajatella, että useasti harvennetusta tilavuudeltaan suuresta puustosta, josta hakkuun jälkeen jää järeät kannot, saadaan nostotyössä nopeammin puuainesta talteen kuin pieniläpimittaisista kannoista. Työvaiheita ei järeäkantoisella kohteella tarvitse toistaa niin useasti. Urakoitsijan kokemusten mukaan tällainen kohde ei kuitenkaan aina ole tuottavuudeltaan paras mahdollinen, vaikka usein otollinen kohde onkin. Järeiden kantojen pilkkominen useaan osaan saattaa kuluttaa aikaa yllättävän paljon. Järeät kannot ovat lisäksi raskaampia, ja niiden käsittely vaatii koneelta enemmän voimaa. Sen sijaan harventamattomana ollut uudistushakkuukohde saattaa kannonnostotyössä olla hyvinkin tuottava. Kannot sijaitsevat palstalla lähekkäin, ja niiden nosto ja käsittely eivät vaadi niin paljoa voimaa. Voidaan myös todeta, että mitä harvemmassa kantoja uudistusallalla on, sitä enemmän joudutaan koneella tekemään täydentäviä laikkuja tai mättäitä, jotta kohteesta saadaan kelvollinen seuraavan puusukupolven viljelemiseen. (Salonen 2007.)

Konetyön tuottavuuteen vaikuttaa myös aikaväli hakkuusta kannonnostotyöhön. Välittömästi hakkuun jälkeen kannot ovat lujemmin maassa kiinni kuin tilanteessa, jossa kantoja korjataan vasta muutamien kuukausien jälkeen. Kun kantojen korjuu tehdään välittömästi hakkuun jälkeen, eivät kantojen hienoituureet katkea kovin helposti, jolloin myös niitä nousee kantojen mukana enemmän (Salonen 2007). Kuten aiemmin on mainittu hienoituurien poistuminen maasta on epäedullista kohteen maaperän ja ravinnetalouden kannalta.

Kantojen nostotyön ja metsäkuljetuksen kustannusten osalta on tässä selvitystyössä otettava huomioon mahdolliset virheet kohteilta saatavien kantopuumäärien määrittämisessä. Kantopuumäärien määrittäminen hakkuukoneen mittaamien puustotietojen perusteella, on varmasti hyvin

paikkaansa pitävä menetelmä korjattujen kantopuumäärien tilavuuden määrittämisessä. Osalla kohteista jouduttiin kuitenkin turvautumaan metsäsuunnitelmien tietoihin puumääristä. Metsäsuunnitelmien tiedot perustuvat metsäsuunnittelijan tekemiin mittauksiin ja arvioihin puumääristä. Todellisen kohteilta saadun kantopuun määrän saakin tietää vasta kaukokuljetuksen jälkeen. Käyttöpaikalla kantopuukuormista mitataan paino sekä kosteusprosentti, joiden avulla kuormien sisältämä energiamäärä saadaan selville. Tällöin myös kantopuukuormien kiintotilavuus selviää.

4.2 Energialaitoksen maksaman kantopuun hintatason vaikutus kannonnoston yhteydessä tehtävälle maanmuokkaukselle muodostuvaan hintaan

Kantopolttoaineesta metsänhoitoyhdistykselle maksettavan hintatason vaikutusten havainnollistamiseksi voidaan muodostaa esimerkkihehtaari, josta kannot nostetaan. Keskimääräinen kuusipuuston tilavuus laskettuna tämän selvityksen kohteista pinta-alat huomioiden on 251 m³/ha. Tilavuus toimii esimerkkihehtaarin puustona. Kantojen noston kustannus on 600 e/ha. Metsäkuljetuksen kustannus on 44 e/h. Metsäkuljetuksen tuottavuudeksi otetaan selvityksestä saatu keskiarvo 8,5 m³/h.

Kantopuuta on 26 % ainespuun määrästä, ja 90 % määrästä saadaan kerättyä. Näiden muodostettujen tietojen perusteella hehtaarilta saadaan kantopuuna 58,8 m³. Tämän kantopuumäärän kuljettamiseen 8,5 m³/h tuottavuudella vie aikaa 6,9 tuntia. Metsäkuljetuksen kustannukseksi muodostuu tällöin 303,6 euroa, kun metsäkuljetuksen hinta on 44 e/h. Taulukossa 13 on nähtävissä esimerkkihehtaarin kustannukset.

Taulukko 13 Esimerkkihehtaarin kustannukset

Pinta-ala (ha)	Nostotyö €	Metsäkuljetus €	Kantopuuta MWh	Nostotyö e/MWh	Metsäkuljetus e/MWh
1	600	303,6	117,5	5,1	2,6

Lisäksi huomioidaan yleiskustannukset, joiden suuruudeksi määritellään 10 prosenttia kantopuun hankintaketjun kustannuksista palstalta tienvarteen, eli 0,77 euroa / MWh.

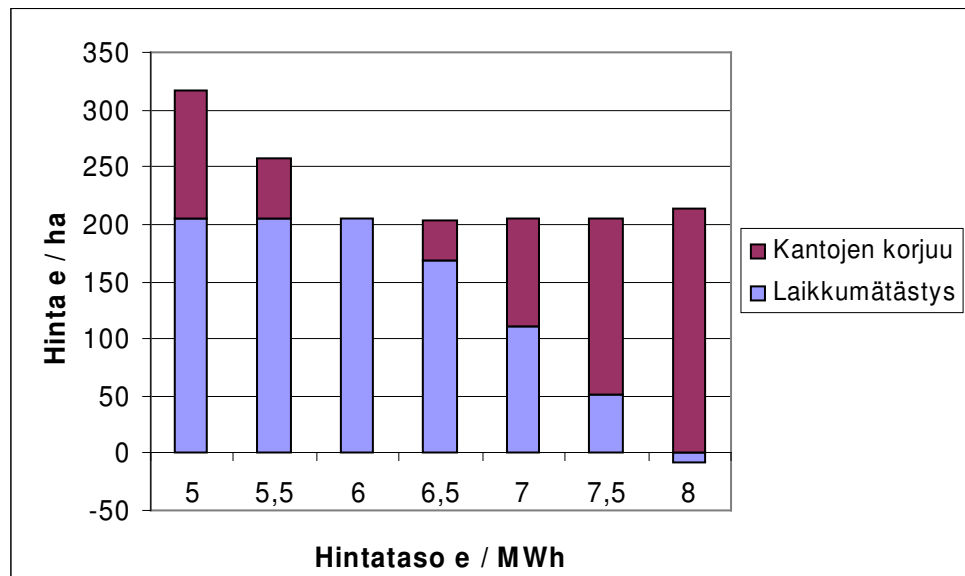
Taulukko 14 esittää kantojen noston yhteydessä tehtävän metsänomistajalle aiheutuvan maanmuokkauksen hinnan muodostumista, erilaisilla energialaitoksen metsänhoitoyhdistykselle maksamilla kantopolttoaineen hinnoilla.

Taulukko 14 Maanmuokkauksen hinnan muodostuminen

Korjuuketjun kustannukset yhteensä	Saatu energiasisältö	Kannoista maksettava hintataso	Kantojen arvo	Maanmuokkaukselle muodostuva hinta
(e / ha)	(MWh/ha)	(e/MWh)	e / ha	e / ha
903,6	117,5	5	587,5	316
903,6	117,5	5,5	646,25	257
903,6	117,5	6	705	199
903,6	117,5	6,5	763,75	140
903,6	117,5	7	822,5	81
903,6	117,5	7,5	881,25	22
903,6	117,5	8	940	-36

Taulukosta 14 voidaan havaita, että noin 6,5 e / MWh hintatasolla maanmuokkauksen hinnaksi muodostuisi 140 e/ha. 9 e / MWh hintatasolla päästään tilanteeseen, jossa metsänomistaja saa kantojen korjuun yhteydessä tehtävän maanmuokkauksen ilmaiseksi ja lisäksi 36 euroa hehtaarilta.

Seuraavassa kuvassa kantojen noston yhteydessä tehtävää maanmuokkausta verrataan laikkumätästykseen. Metsänhoitoyhdistyksen tarjoaman laikkumätästyksen hinnaksi arvonlisäverottomana arvioidaan 205 euroa. Hinta sisältää myös yleiskustannukset.



Kuva 4 havainnollistaa tilannetta, jossa kantojen korjuussa saatavan kantopolttoaineen arvo vähentää laikkumätästyksen arvoisen maanmuokkauksen hintaa esimerkkihehtaarilla. Jos hinta on 5–5,5 e/MWh kantojen korjuu on kannattamatonta. 7 euron hintatasolla metsänomistaja saisi maanmuokkauksen noin puoleen hintaa verrattuna laikkumätästyksen hintaan, jos metsänomistajaa laskutettaisiin kannonnoston yhteydessä tehtävästä maanmuokkauksesta.

4.3 Tienvarsivarastot

Tienvarsivarastoissa olevien kantopuumäärien kehysmitan mittaaminen saattaa olla ongelmallista. Kasat saattavat olla muodoltaan hyvinkin poikkeavia. Yleensä ne ovat noin 4 metriä leveitä ja korkeita, kasan pituus riippuu nostetusta kantopuumäärästä. Hyvin ladottujen, seinämiltään lähes suorien, kantopuukasojen mittaaminen on helpompaa kuin muodoltaan epämääräisen. Kehysmitavuuden mittaamiseksi on korkeus ja leveys mitattava useammasta kohden kantokasaa keskimääräisen arvon saamiseksi. Kiintotilavuuskertoimen määrittäminen silmämääräisesti on vaikeaa. Tämän selvityksen perusteella kantopaloista tehdyn tienvarsivarastokasan kiintotilavuusprosentti on noin 0,2. Kehysmittauksen tarkkuuden voi määritellä kaukokuljetuksen jälkeen, kun tarkat määrät kantopuuvarastojen kiintotilavuuksista selviävät.

Kantomittauksen kehittämiseksi on pohdittu menetelmää, jossa hakkuukoneen mittausjärjestelmä laskee kantopuukertymän suhteessa ainespuun määrään. Suhde voisi olla esimerkiksi tässä työssä käytetty 26 %. Tällainen kantopuun laskentaohjelma jättäisi huomioimatta sellaiset kannot, joita ei ole tarkoitus korjata. Tällainen menetelmä palvelisi kaikkia mittaustarpeita ennen kaukokuljetusta, ja on ajateltu että menetelmällä päästäisiin myös hyvään tarkkuuteen mittaustuloksissa. (Hakkila 2006). Kantokasojen sisältämän kiintotilavuuden ja energiasisällön tietäminen on tärkeää lähinnä niihin sitoutuneen rahamäärän tietämiseksi.

Suurena toimintaa vaikeuttavana tekijänä onkin kantopolttoaineen pitkä varastointiaika. Tienvarsivarastoihin sitoutunut pääoma on sekin kustannustekijä. Olisikin hyvä jos kantopolttoaineen ostava energialaitos voisi maksaa kannoista, esimerkiksi hakkuukoneen tekemien mittausten perusteella, välittömästi kantojen korjuun jälkeen. Tällöin vastuu tienvarastoista siirtyisi ostajalle, ja samalla myös vastuu mahdollisista kaukokuljetuksen aiheuttamista metsäteihin kohdistuvista vaurioista.

4.4 Kantojen korjuu osana kuusikoiden uudistamisketjua

Maanmuokkauksen hinnan aleneminen uudistamisketjussa kantojen korjuun yhteydessä ei ole tae kustannussäästöistä metsänomistajalle metsänkasvatuksessa. Kannonnosto voi aiheuttaa runsaampaa taimikon vesakoitumista, joka nostaa taimikonhoitokustannuksia. Lisäksi kantojen korjuussa syntyvien ravinnepoistumien aiheuttamien kasvutappioiden arvottaminen on vaikeaa.

Kannonnoston edut liittyvät istutustyön nopeutumiseen hakkuutähteettömässä ja kannottomassa kohteessa, tulevan taimikon rakenteen paranemiseen ja tukkimiehentäin elinolosuhteiden huononemiseen uudistamiskohteella. Kiistattomat hyödyt saadaan toteutettaessa kantojen korjuu juurikäävän vaivaamalla kohteella.

Selvityksessä saatujen tulosten perusteella voidaan paremmin arvioida kantojennoston yhteydessä tehtävän maanmuokkauksen hinnan muodostumista. Lisäksi voidaan pohtia hehtaarikohtaisen urakointihinnoittelun toimivuutta kannon nostossa, jos energialaitos maksaa kantopuusta energiasisällön perusteella. Kannonoston kannattavuus kun on hyvin riippuvainen kohteilta saatavasta kantopuun määrästä. Tuntityönä tehtäessä kantojen noston kustannukset muotoutuisivat enemmän kaivinkoneen tuottavuuden mukaan. Hehtaarikohtaisen hinnoittelun etuna on helpompi maanmuokkauksen kustannusosuuden ennustaminen

LÄHTEET

Painetut lähteet

Metsätilastollinen vuosikirja 2006. Metsäntutkimuslaitos. 438 s. Vammala 2006

Kuitto, P.-J. 1984. Kantopuun korjuu kivennäismailla. Metsätehon tiedotus 385. Helsinki. 16 s.

Hakkila Pentti 1974. Kanto- ja juuripuun korjuu. Metsätehon tiedotus 332. Helsinki. 19 s.

Halonen, Markku. Bioenergia 8/2005 s. 15–16

Harstela, Pertti (toimittanut). Metsähake ja metsätalous. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 913. Jyväskylä 2004.

Jokela, Aimo. Metsäenergia on todellinen vaihtoehto, Metsäntutkimus (Asiakaslehti). 3/2005, s.18–21

Opas kannonnostoon, Keski-Suomen metsäenergia II – projekti, Julkaisu 8 s.

Melkas, Tapani, Metsänviljelyn onnistuminen kuuselle uudistettavilla kannonnostoaloilla. AMK opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma. Tampere 2006. 44 s. + 1 liites.

Metsäntutkimus 3/2005. Metsäntutkimuslaitoksen asiakaslehti.

Painamattomat lähteet

Halonen, Petri - Lipponen, Katriina - Aarnio, Katri - Erkkilä, Ari, Esiselvitys kantojen noston ja energiankäytön edellytyksistä Etelä-Suomen metsämailla. Tutkimusselostus. Jyväskylä 2001. 35s. [sähköinen dokumentti].[viitattu 15.4.2007] Saatavissa: http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/Puuenergia/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ja_aktivointi/Julkaisut/JORY-raportit/PUUJ04.pdf

Hakkila, Pentti (Ohjelmapäällikkö), Metsäpolttoaineitten lisääntyvä käyttö laajentaa raaka-ainepohjaa, Kannot hyödyntämätön voimavara, Puuenergian teknologiaohjelman tuloksia 2/2004. 2 s. [Sähköinen dokumentti].[viitattu 22.3.2007] Saatavissa: <http://www.tekes.fi/julkaisut/kannot.pdf>

Hakkila, Pentti (selvitysmies), Selvitys energiapuun mittauksen järjestämisestä ja kehittämisestä. [Työryhmämuistio].[viitattu 22.3.2007] Saatavissa: http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2006/trm2006_8.pdf Helsinki 2006

Häkkinen, Piia, Hakkuutähteiden ja kantojen keruun vaikutus metsämaan ravinnetaseeseen. 6.11.2006. [sähköinen dokumentti].[viitattu 5.4.2007] Saatavissa: http://www.mm.helsinki.fi/mmeko/kurssit/ME312/P_Hakkinen.pdf

Katajalehto, Ilkka, Hankintaesimies. Keskustelu 17.4.2007. Metsänhoitoyhdistys Metso

Kankaanhuhta, Ville, Metsäntutkimuslaitos. [www-sivu].[viitattu 22.4.2007] Saatavissa:
http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/hyabie-n.htm

Korhonen, Kari - Lipponen, Katriina – Piri, Tuula , Metsäntutkimuslaitos. [www-sivu].[viitattu 4.4.2007] Saatavissa:
<http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lahontorjunta/laho-juurikaapa.htm>

Lantiainen, Satu – Tuominen, Meri-Tuulia, Kantohakkeen soveltuvuus pienvoimalaitokseen. 3 s. [sähköinen dokumentti].[viitattu 6.3.2007] Saatavissa:
http://www.mm.helsinki.fi/mmvar/puuteknologia/Ryhmatyot_PTEK41_2006/Kantohakkeen%20soveltuvuus%20pienvoimalaitokseen.pdf

Ylitalo, Esa (toim.), Metsäntutkimuslaitos. [www-sivu].[viitattu 25.3.2007]
Metsätilastotiedote 820. Ylitalo Esa. 4.5.2006. Saatavissa:
<http://www.metla.fi/tiedotteet/metsatilastotiedotteet/2006/puupolttoaine2005.htm>

Metsänhoitoyhdistys Metso [www-sivu]. [viitattu 10.2.2007] Saatavissa:
www.mhy.fi/metso/esittely

Metsäteho, Kantojen noston merkitys metsänuudistamisessa, projekti nro 318, 13.3.2006. 14 s. [sähköinen dokumentti].[viitattu 15.3.2007] Saatavissa:
http://www.metsateho.fi/uploads/Tuloskalvosarja_318_kantojen_nosto.pdf
Määttä, Timo - Paananen Markku, Keski-Suomen bioenergiastrategia 2010 ja 2025. 9/2005. 37 s. [sähköinen dokumentti].[viitattu 2.2.2007] Saatavissa:
http://www.contim.fi/files/KSbioenergiastrategia_raportti2005.pdf

Paananen, Seppo, Kantopuun korjuu ja metsäpolttoaineiden prosessointi. 7s. [sähköinen dokumentti].[viitattu 20.2.2007] Saatavissa:
http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/Puuenergia/fi/Dokumenttiar_kisto/Viestinta_ja_aktivointi/Julkaisut/PROJEKTIT/PUUY36.pdf

Palviainen, Marjo, Puuenergian korjuun vaikutuksen maapohjan tuotoskykyyn. 14.2.2007. [kalvosarja].[viitattu 3.4.2007] Saatavissa:
http://www.mm.helsinki.fi/mmtek/opiskelu/kurssit/agtek370/1402/Palviainen_puuenergian_v_aikutukset140207.pdf

Salonen, Arto. Puhelinkeskustelu 18.4.2007, Salonen & Niittynen Oy

Vapo [www-sivu].[viitattu 2.2.2007] Saatavissa:
http://www.vapo.fi/fin/kunta_ja_yritysassiakkaat/biopoltoaineet/puupolttoaineet/puupolttoaine_laadut/metsahake/?id=518